

Довідка №1 від 21.03.2022. про викиди в атмосферу радіонуклідів від пожеж на території Чорнобильської зони відчуження за період 11.03-20.03.2022 р.

В зв'язку з складною пожежонебезпечною ситуацією на території Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ), що обумовлена військовими діями російських загарбників та початком весняного пожежонебезпечного періоду, співробітниками відділу радіаційного моніторингу природного середовища УГМІ спільно з науковцями УкрНДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України розпочато моніторинг об'ємів та динаміки викидів в атмосферу радіонуклідів (^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{238+239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am) від пожеж на території ЧЗВ та навколо неї в режимі часу близького до реального.

Контактні особи:

Старший науковий співробітник ВРМПС УГМІ: Процак Валентин protsak2013@gmail.com

Старший науковий співробітник УкрНДІСГР НУБіП України Голяка Дмитрій holyaka_d_m@ukr.net

Алгоритм проведення розрахунків

Для первинної ідентифікації пожеж та оцінки їх часових і просторових характеристик застосовувалися інтерактивні картографічні веб-застосунки «NASA WorldView» та «NASA FIRMS». Далі використовуючи веб-додаток з сайту «NASA FIRMS» здійснювалось замовлення архівних даних у вигляді точок термальних аномалій (як шейп(.shp)-файл) для зони інтересу отримані з платформ MODIS і VIIRS. Отримані точки використовувались для первинного оконтурювання меж горільників при відсутності загальнодоступних супутникових зображень з просторим розрізненням 10-90 м платформ Sentinel-2 і Landsat (рис. 1). У разі надходження «нових» зображень контури пожеж уточнювали використовуючи різницю між співвідношеннями ближнього й дальнього інфрачервоних каналів супутникових знімків Sentinel-2 чи Landsat цих супутникових систем до (01.11.2021 р.) і після проходження пожежі, загальновідомою під назвою *Normalized Burn Ratio* (NBR). Обробка даних здійснювалась у ГІС QGIS 3.14 з підключенням плагінів: *Google Earth Engine*, *GEE Timeseries Explorer*, *FireHunter*, *GEOSYS Plugin*.

Оцінку площі пожеж пройдених у лісових і трав'яних фітоценозах ЧЗВ здійснювали на базі класифікованого супутникового зображення *Santinel-2* від 24.09.2020 р. виконано за допомогою алгоритму *Random Forest* у хмарному середовищі *Google Earth Engine* виділяючи водойми, хвойний ліс, листяний ліс, сухостійний ліс, луки і перелоги, болотну рослинність та ділянки без рослинності: дороги, будівлі, піщані насипи і т. д.

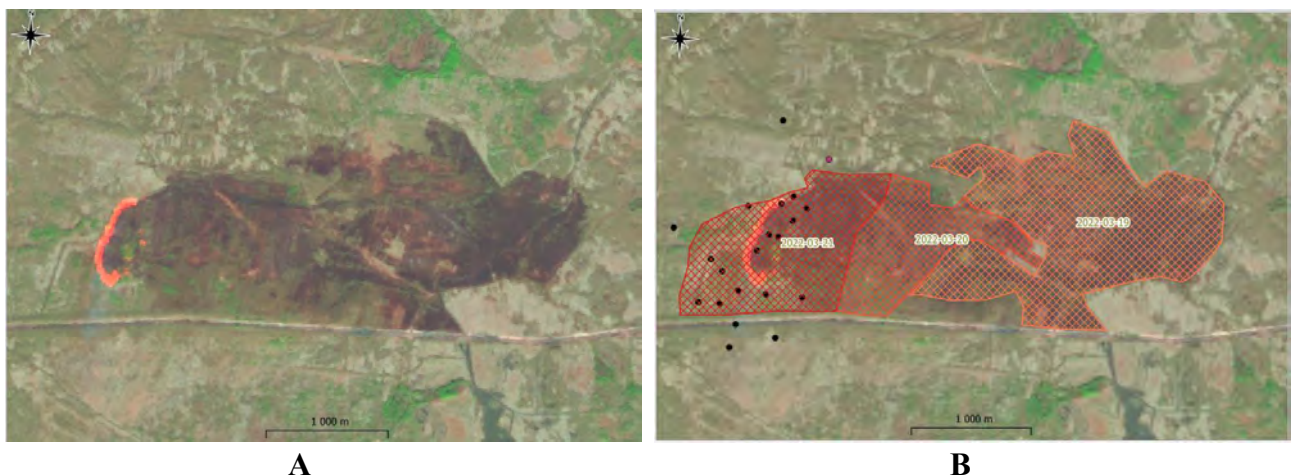


Рисунок 1 - Вигляд пожежі та пройдених територій в районі виселеного с. Товстий ліс: А – заданими зйомки супутника Sentinel-2 каналів: B12-B8-B4 на 21.03.2022 р., В – оконтурювання

горільників на основі даних супутникових систем Sentinel-2 та продуктів MODIS і VIIRS (чорні точки)

Просторовий розподіл щільності забруднення ґрунту ЧЗВ основними дозоутворюючими радіонуклідами: Sr-90, Cs-137, Pu-238-240, Am-241 отриманий як апроксимація за допомогою звичайного і регресійного методів Крайкінга результатів «точкових» досліджень протягом 1987-2020 рр. вчених України, Білорусі і Великобританії.

Для оцінки запасів компонентів рослинної біомаси на одиниці площі ($\text{кг}/\text{м}^2$), та розрахунку коефіцієнтів, що пов'язують щільність забруднення ґрунту ($\text{Бк}/\text{м}^2$) з запасами радіонуклідів в компонентах рослинної біомаси ($\text{Бк}/\text{м}^2$) були використані експериментальні результати отримані співробітниками УкрНДІСГР НУБіП України при дослідженнях радіологічних характеристик пожеж на території Зони відчуження шляхом проведення активних експериментів (контрольоване спалювання заздалегідь обстежених лучних і лісових ділянок) в районах Поліського, Чистогалівки і Новошепеличей. Аналіз розподілу радіонуклідів у рослинних елементах середньовікових соснових насаджень ЧЕЗ на одиницю площі свідчить про те, що основний запас радіонуклідів зосереджений у підстилці, деревині, корі та хвої. Враховуючи те, що при лісових пожежах в основному горить підстилка, кора і хвоя, розрахунок запасів радіонуклідів у рослинній паливній біомасі лісу проводиться для цих горючих матеріалів. На лучних ділянках основним горючим матеріалом є дернина. Середні значення коефіцієнтів (К), що пов'язують запаси радіонуклідів у рослинній паливній біомасі ($\text{Бк}/\text{м}^2$) зі щільністю забруднення ґрунту ($\text{Бк}/\text{м}^2$) для лучних та лісових ділянок наведено в таблиці 1.

Таблиця 1- Коефіцієнт (К), що пов'язує запаси радіонукліду у рослинній паливній біомасі ($\text{Бк}/\text{м}^2$) зі щільністю забруднення ґрунту ($\text{Бк}/\text{м}^2$) даним радіонуклідом.

Радіонуклід	К	
	Луки	Ліс
^{137}Cs	0.015	0.11
^{90}Sr	0.025	0.28
$\sum\text{Pu}$	0.01	0.03
^{241}Am	0.01	0.03

Таким чином, запас (активність) радіонуклідів у рослинному паливному матеріалі на одиницю площі розраховувався як:

$$A(\text{Бк}/\text{м}^2) = K \cdot A_{\text{ґрунт}}(\text{Бк}/\text{м}^2)$$

Вибір значень коефіцієнтів емісії радіонуклідів (n), що характеризують відсоток витоку радіонукліду з елементів рослинного матеріалу під час горіння, базувався на експертних оцінках після проведення аналізу доступних даних. При проведенні розрахунків викидів радіонуклідів в атмосферу значення коефіцієнта емісії для ^{137}Cs було вибрано на рівні 3 % від запасу у рослинній біомасі. Для ^{90}Sr , ^{241}Am і суми ізотопів Pu значення коефіцієнта емісії було вибрано у 0.2 %.

Розрахунок емісії радіонуклідів в атмосферу від пожеж проводився за наступною формулою:

$$A_i(\text{Бк}) = \sum(S_n(\text{м}^2) \cdot A_n^i(\text{Бк}/\text{м}^2) \cdot K_{\text{ценоз}}^i \cdot \Pi_{\text{ценоз}}^i), \text{ де:}$$

$A_i(\text{Бк})$ – активність і-го радіонукліду, що виноситься у повітря під час пожежі;

$S(m^2)$ – територія площі горіння n-го полігону;

$A_n^i(Бк/м^2)$ – щільність забруднення території n-го полігону по i-му радіонукліді;

$K_{ценоз}^i$ - коефіцієнт, що пов'язує запаси i-го радіонуклідів у паливній біомасі в залежності від ценозу та щільності забруднення ґрунту i-м радіонуклідом;

n^i – коефіцієнт емісії i-го радіонукліді у повітря при згорянні рослинної паливної біомаси.

Динаміка емісії радіонуклідів в атмосферу від пожеж на території ЧЗВ за період 11.03-20.03.2022

У таблиці 2 та на рисунку 2 і 3 наведені характеристики горільників за період 11.03-20.03.2022

Таблиця 2 – Характеристики територій пройдених пожежами за період 11.03-20.03.2022 р.

N	Дата	Локація	Площа, га		Щільність забруднення, кБк/м ²							
			Ліс	Луки	¹³⁷ Cs		⁹⁰ Sr		²³⁸⁺²³⁹⁺²⁴⁰ Pu		²⁴¹ Am	
					Ліс	Луки	Ліс	Луки	Ліс	Луки	Ліс	Луки
1	11.03	на захід від доги Дитятки-Чорнобиль біля р. Уж	3.4	74.8	88	87	11	10	0.6	0.6	0.9	0.9
4	11.03	на схід від смт Полісся	24.1	119.0	1458	1394	33	29	1.5	1.5	2.4	2.3
6	11.03	північніше смт Поліське	4.4	68.4	423	561	20	23	0.7	0.9	1.2	1.5
2	12.03	на схід від с. Стечанка	7.4	186.5	29	29	7	7	0.4	0.4	0.6	0.6
3	12.03	південніше с. Рагівка і с. Мар'янівка	271.6	1788.1	977	901	7	6	0.5	0.5	0.9	0.8
7	16.03	західніше смт Поліське	4.4	103.2	777	773	31	32	1.2	1.2	2.0	2.0
9	16.03	північніше с. Старі Соколи	15.2	56.3	22	23	4	4	0.2	0.2	0.3	0.3
8	17.03	північніше с. Луговики	8.6	202.2	706	725	18	18	1.0	1.0	1.6	1.6
5	18.03	північніше с. Володимирівка	50.4	93.1	769	703	20	20	0.8	0.8	1.3	1.2
10	19.03	північніше с. Володимирівка	188.2	340.6	760	628	20	20	0.8	0.7	1.2	1.0
13	19.03	на схід від с. Товстий Ліс	34.5	119.5	1740	1662	329	306	18.4	17.6	29.1	27.8
11	20.03	в районі с. Володимирівка	679.4	635.2	786	681	15	12	0.6	0.5	1.0	0.8
12	20.03	біля р. Уж на межі Житомирської області	41.7	95.6	787	669	19	16	0.9	0.7	1.4	1.1
14	20.03	с. Товстий Ліс	29.9	41.3	1510	1538	286	276	15.5	15.3	24.5	24.1

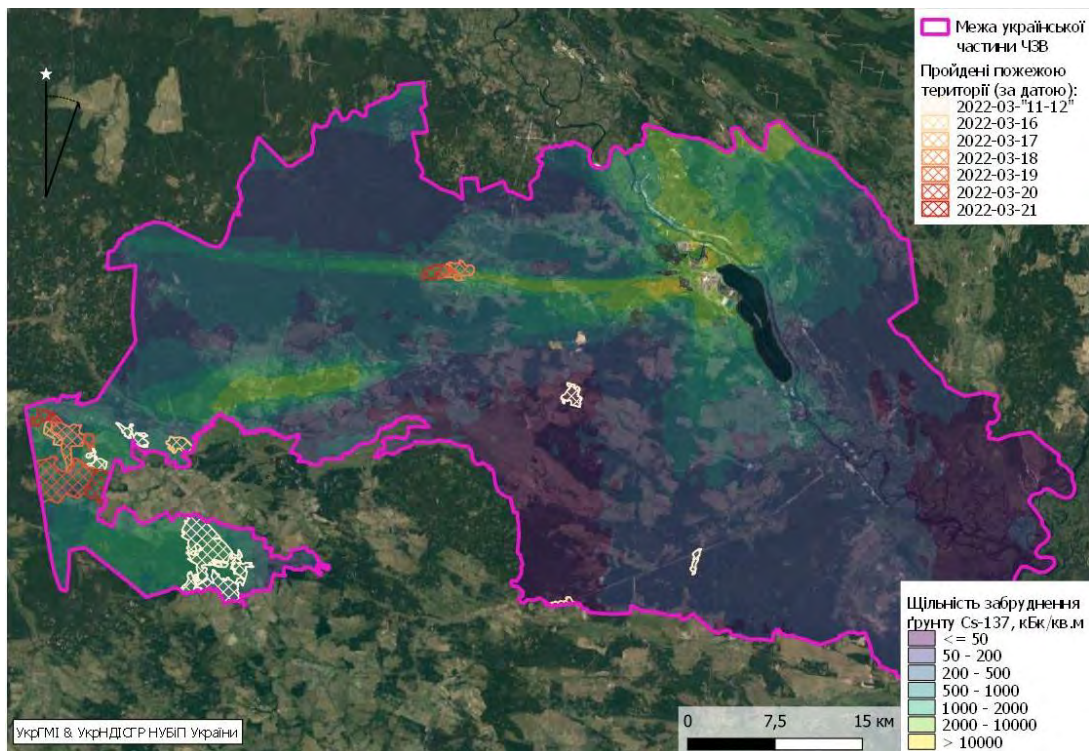


Рисунок 2 - Розміщення територій пройдених пожежами за 11.03.2022-21.03.2022 з просторовим розподілом щільності забруднення ґрунту ^{137}Cs у ЧЗВ.

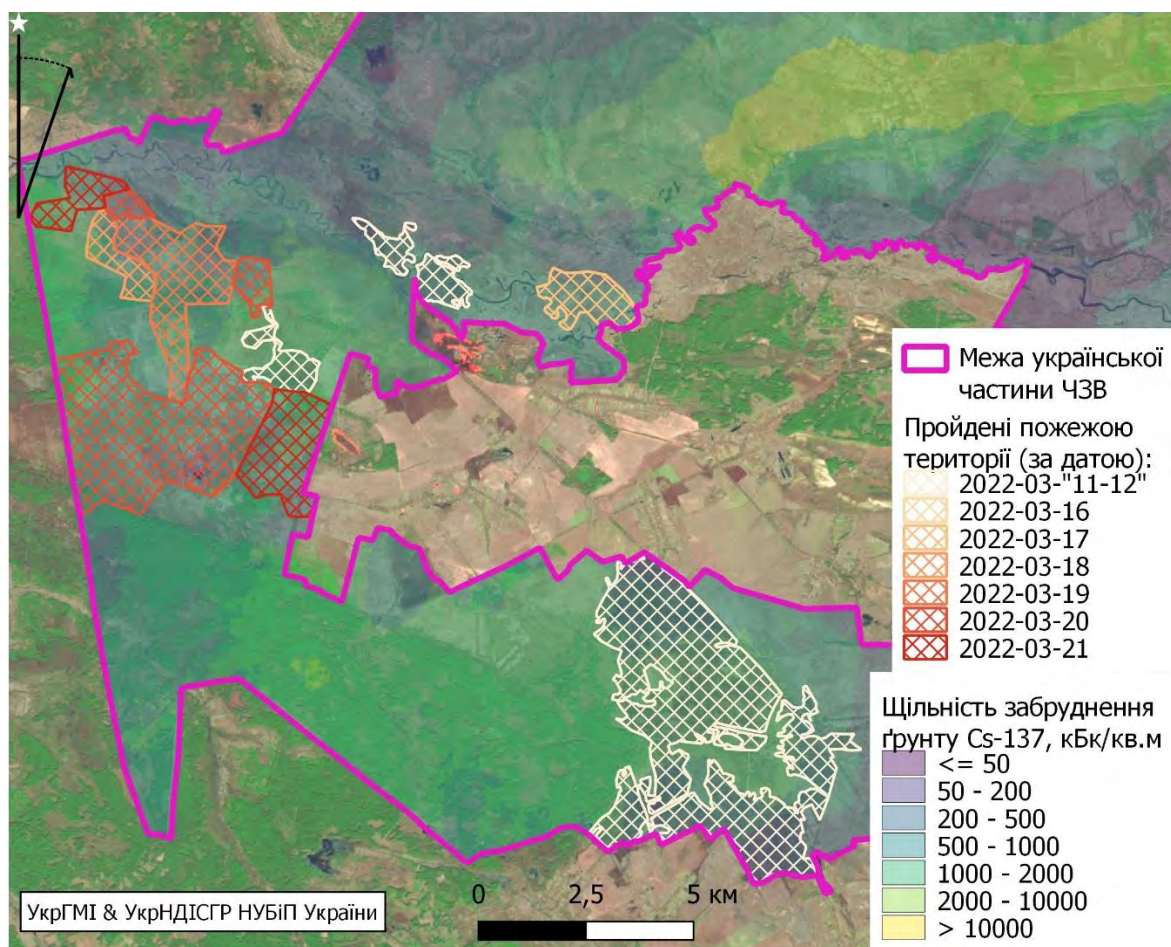


Рисунок 3 - Розміщення територій пройдених пожежою з 11.03.2022-21.03.2022 р в західній частині ЧЗВ.

В таблиці 3 та на рисунку 4 наведені результати оцінки динаміки викидів радіонуклідів в атмосферу від пожеж на території ЧЗВ за період 11.03-20.03.2022 р

Таблиця 3 – Динаміка викидів радіонуклідів в атмосферу від пожеж на території ЧЗВ за період 11.03-20.03.2022 р.

Дата	Викид в атмосферу, МБк				Площа горіння, га
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁸⁺²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	
11.03	2180.12	8.02	0.08	0.13	294.1
12.03	16041.54	16.94	0.29	0.45	2253.6
16.03	487.47	2.84	0.03	0.05	179.1
17.03	859.57	2.69	0.05	0.07	210.8
18.03	1572.48	6.69	0.04	0.06	143.5
19.03	8559.08	106.41	0.93	1.47	682.8
20.03	22703.55	118.79	0.75	1.19	1523.1
Σ	52403.8	262.4	2.2	3.4	5287

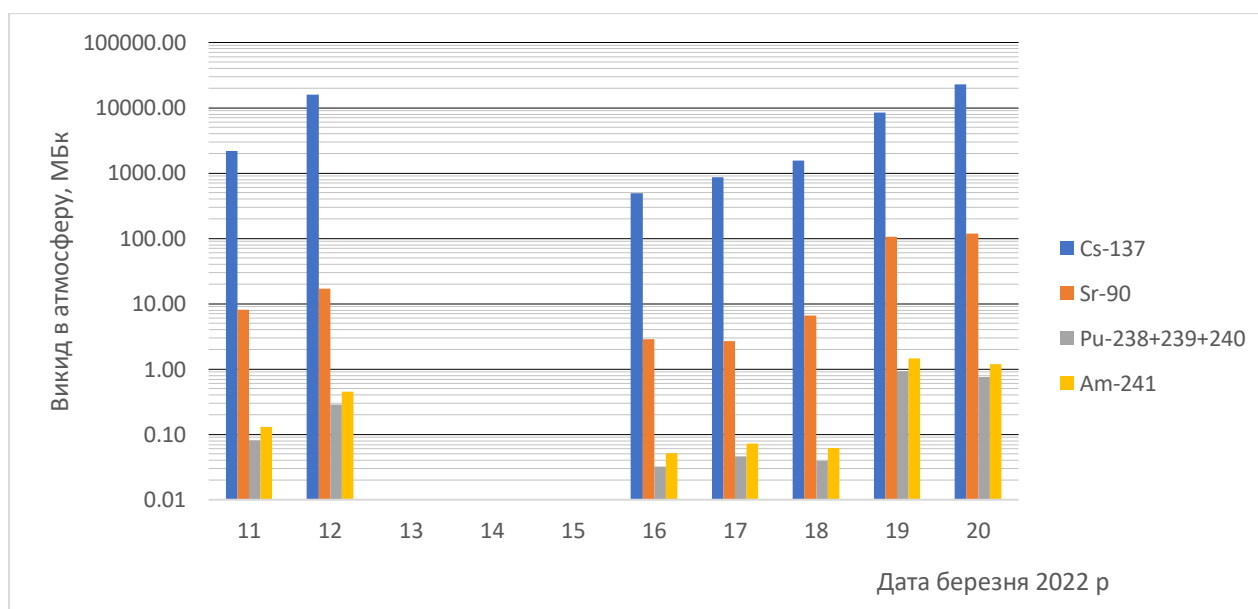


Рисунок 4 - Динаміка викидів радіонуклідів в атмосферу від пожеж на території ЧЗВ за період 11.03-20.03.2022 р.

В таблиці 4 наведено експериментальні значення розподілу активності ¹³⁷Cs в аерозолі за аеродинамічними діаметрами. Дані результати можуть бути використані для цілей моделювання атмосферного переносу радіонуклідів від пожеж.

Таблиця 4 – Розподіл активності ¹³⁷Cs на аеродинамічних діаметрах аерозолі, що утворюється при згорянні соснової підстилки

Аеродинамічний діаметр, мкм	<0.7	0.7-1.8	1.8-5.5	5.5-13	13-25	>25
Активність ¹³⁷ Cs, %	16.0	41.6	22.8	11.3	4.6	3.7

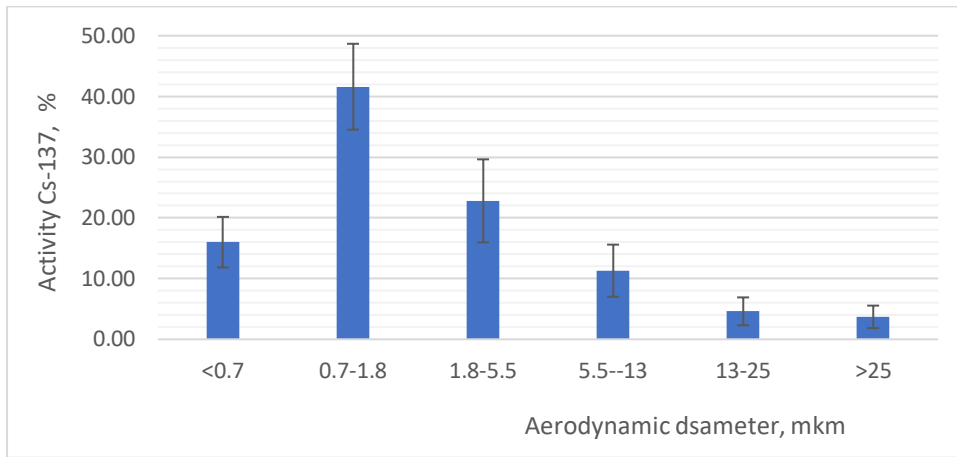


Рисунок 5 - Розподіл активності ^{137}Cs на аеродинамічних діаметрах аерозолі, що утворюється при згорянні соснової підстилки.

Висновки

За період 11.03-20.03.2022 загальний викид радіонуклідів від пожеж на території ЧЗВ склав:

^{137}Cs – 52.40 ГБк

^{90}Sr -262.4 МБк

$^{238+239+240}\text{Pu}$ – 2.2 МБк

^{241}Am – 3.4 МБк

При цьому загальна площа пожежі склала 5287 га

Отримані значення динаміки емісії радіонуклідів в атмосферу (функція джерела) та дисперсний склад активності ^{137}Cs в аерозолі можуть бути рекомендовані для цілей моделювання атмосферного поширення радіоактивного забруднення та оцінки радіологічних наслідків від пожеж на території ЧЗВ та навколо неї.

Планується оперативне оновлення даних по емісії радіонуклідів в атмосферу по мірі розвитку пожежної ситуації в ЧЗВ та навколо неї.